Bases de l'entraînement et individualisation de la planification

Lausanne le 3 fév. 2005

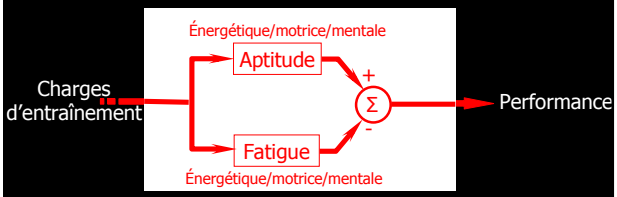
Robin Candau
Université de Montpellier I
Faculté des Sciences du Sport
Robin.candau@univ-montp1.fr

Plan

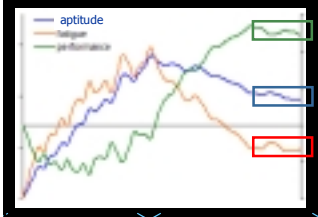
- Bases du processus d'entraînement
- Analyse de l'activité et principe d'entraînement
  - Volume minimal requis
  - Intensité facteur essentiel
  - Respect de la spécificité
  - Concept de transfert positif
  - Principe de plaisir
  - Principe de variété de l'entraînement
- Structure de l'entraînement
- Individualisation
  - Evaluation des aptitudes initiales et tests de terrain
  - Sensibilité individuelle à l'entraînement
- Conclusion

Bases du processus d'entraînement

L'entraînement est un art qui nécessite :
- des connaissances
- de l'expérience
- du bon sens
- un bon feeling



Banister et Calvert, 1980
Banister et Hamilton, 1985
Banister et al., 1986



Performance stable et élevée

||

Aptitude élevée

+

Fatigue faible

Importance de la planification de l'entraînement

1. analyse des exigences de l'activité
2. Principes de l'entraînement

⇨ structure de l'entraînement

⇧ ⇧

Evaluation des aptitudes initiales et des effets de l'entraînement

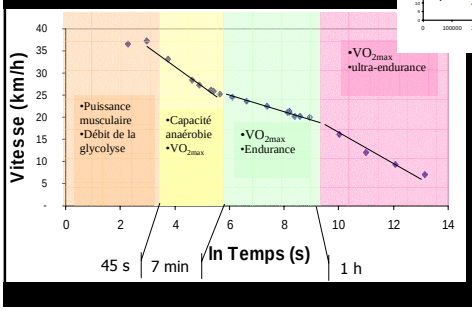
Evaluation de la sensibilité à l'entraînement

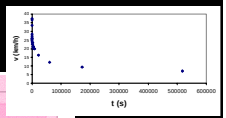
⇧ ⇧

individualisation de l'entraînement

Analyse des exigences de l'activité

Record du monde en course à pied du 100 m au 1000 km

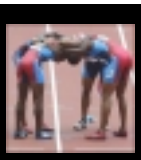




4 phases distinctes avec rupture de pente

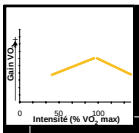
Développement de la puissance musculaire et de la glycolyse

Facteur limitant	*Forme d'entraînement*
•% surface fibre rapide (IIx) •commande motrice •activité catalytique de la phosphofructokinase •de la phosphorylase	•musculation lourde avec 3-10 répétitions •sprints spécifiques de 2 à 40 s (répétitions 2 à 10)



Développement de la capacité anaérobie

Facteur limitant	*Forme d'entraînement*
•Aptitude à transporter les ions H+ du muscle vers le sang, •pouvoir tampon, •résistance à la fatigue neuromusculaire	Intervalles courts de 1 à 4 min. Récupération : de 3 à 10 min Nbre de répétition : 3 à 10

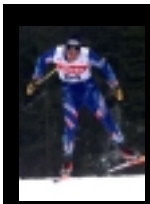


Développement de VO_{2max}

Facteur limitant	*Forme d'entraînement*
Débit cardiaque maximal (80%). •Volume d'éjection systolique •Volume de sang •Concentration en hémoglobine •Diffusion alvéolo-artérielle Facteurs périphériques (20%)	Intervalles : •15s d'exercice / 15s de récupération active •30/30, •1min/1min, •3min/3min, •5 min/ 3min 10 min/3min •Intervalles naturels. Placer 1 à 2 séances de ce type par semaine en variant les plaisirs.

Développement de l 'endurance

Facteur limitant	*Forme d'entraînement*
1. % fibres lentes 2. densité mitochondriale, 3. distance moyenne entre capillaires et mitochondries, 4. aptitude à oxyder des lipides 5. efficacité des systèmes de thermolyse	1. Séquences d'exercice > 10-20 min, récupération de 3-10 min. 2. Longues sorties en continu (1 à 2 par semaine) ; préserver l'appareil locomoteur! 3. Entraînement à jeun de 10 à 40 min représente une sollicitation efficace 4. Séance d'imitation de la compétition



Locomotion humaine

Performance = puissance métabolique / économie

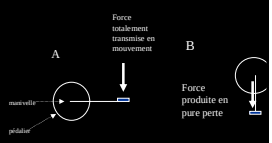
= (A/t + VO_{2max} f) / économie

Optimiser l'économie de déplacement

Optimiser l'économie de déplacement

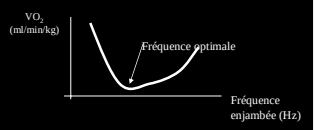
Travail technique visant à optimiser :

1. les résistances aérodynamiques (travail systématique de la position)
2. les résistances de friction
3. L'Orientation des forces dans le sens du déplacement

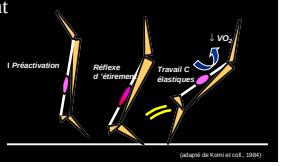


Travail technique visant à optimiser :

4. La fréquence de cycle

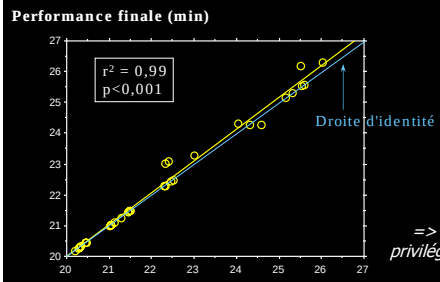


5. le cycle étirement-raccourcissement



Cas des disciplines combinées

Sur quelle discipline l'accent doit être mis ?



=> l'entraînement doit privilégier la performance en ski

Groslambert et al., 1995

1. analyse des exigences de l'activité
2. Principes de l'entraînement

→ structure de l'entraînement

Evaluation des aptitudes initiales et des effets de l'entraînement

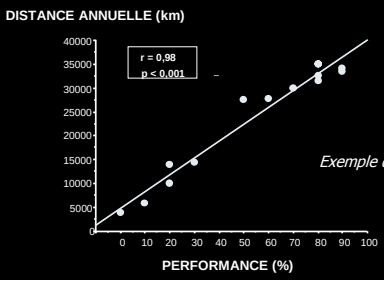
Evaluation de la sensibilité à l'entraînement

individualisation de l'entraînement

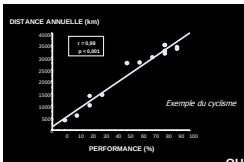
Volume minimal requis

Le volume annuel d'entraînement dépend :

- Du niveau de l'athlète, de ses motivations et de ses disponibilités
- Volume recommandé par les fédérations sportives en fonction des catégories d'âge



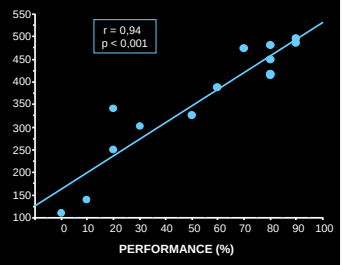
Exemple du cyclisme



Exemple du cyclisme

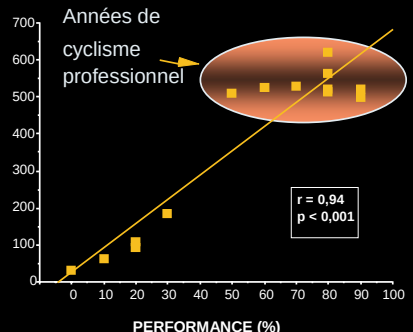
QUANTITÉ D'ENTRAÎNEMENT (h)

h ou km ?

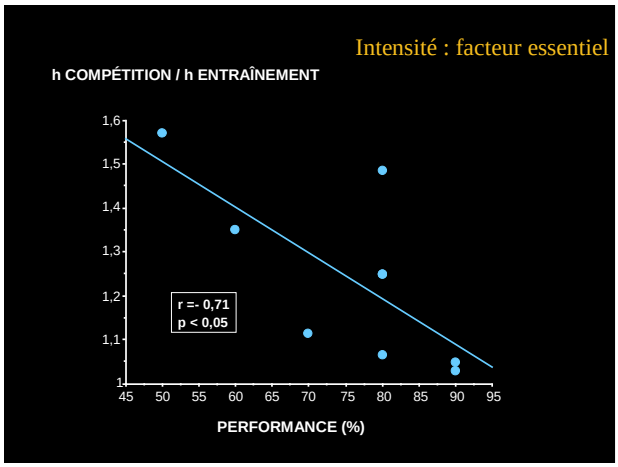


Intensité : facteur essentiel

HEURES COMPÉTITION



Intensité : facteur essentiel

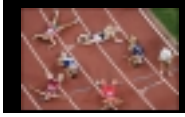


Respect de la spécificité

Intensité

Adaptations physiologiques et mentales optimales

(danger du surentraînement et blessures)

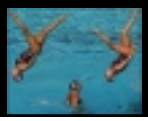


Coordination du mouvement

Gain dans :

- l'économie de déplacement
- la charge attentionnelle

=> Disponibilité pour la tactique la stratégie



Vitesse et force de contraction

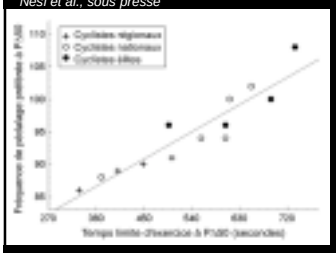
Optimisation :

- de la perfusion des muscles
- du travail élastique

Respect de la spécificité

Vitesse et force de contraction

Nesi et al., sous presse



↑ Fréquence de cycle (pour une puissance donnée)

⇩

↓ force de contraction

⇩

↓ occlusion

⇩ ⇩

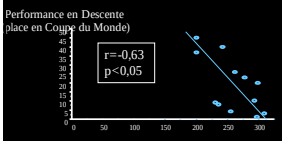
↑de la perfusion ↑ apport en O_2

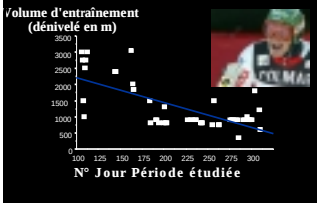
Armstrong et Petersen, 1981

Respect de la spécificité

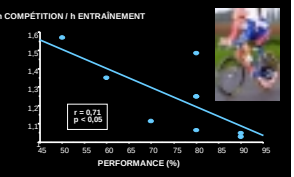
Part relative de l'entraînement spécifique (10 à 50%)

Entraînement spécifique trop faible?

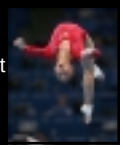




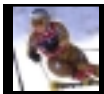
Entraînement spécifique trop important?

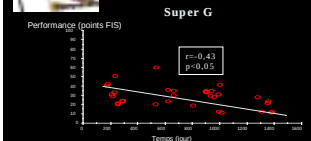


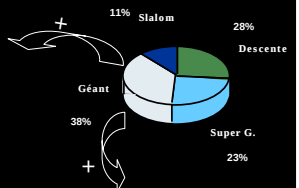
- Spécialisation progressive (écueil de l'entraînement précoce)

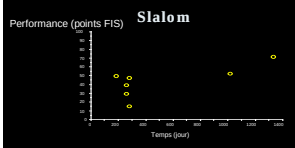


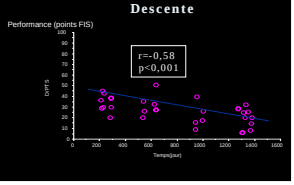
Concept de transfert positif











Concept de transfert positif

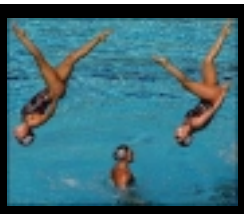
Performance	Entraînement			
	Natation	Cyclisme	Course à pied	Triathlon
Natation (vitesse %)	τ = 33 r = 0,33***	NS	NS	τ = 17 r = 0,33*
Course à pieds (vitesse %)	NS	τ = 39 r = 0,52***	τ = 47 r = 0,64***	τ = 58 r = 0,54***

Millet et al., 2002

Spécificité de l 'entraînement

Millet et al., 2002

Performance	Entraînement: Natation	Cyclisme	Course à pied	Triathlon
Natation (vitesse %)	τ = 33 r = 0,33***	NS	NS	τ = 17 r = 0,33*
Course à pieds (vitesse %)	NS	τ = 39 r = 0,52***	τ = 47 r = 0,64***	τ = 58 r = 0,54***

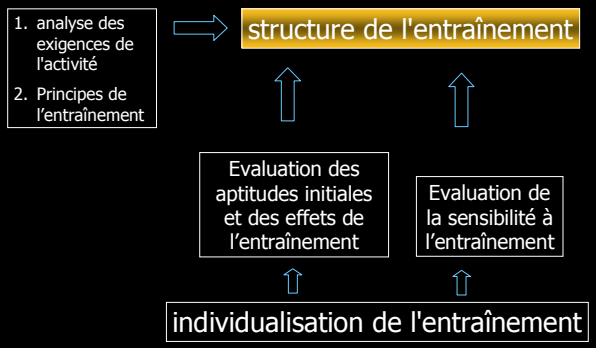


Principe de plaisir

- Le sport ne devrait-il pas rester un jeu ? *A fortiori* chez l'enfant et l'adolescent ? Même les athlètes d'élite doivent éprouver du plaisir dans leur pratique afin d'encaisser leurs lourdes charges d'entraînement.
- La séance est d'autant mieux supportée qu'elle est librement consentie et qu'elle est ludique en particulier pour les exercices intenses et épuisants

Principe de variété de l'entraînement

- répétition de la même charge de travail, ➔ une adaptation transitoire puis une stagnation des performances
- Surprendre l'organisme afin de déterminer des adaptations à un niveau supérieur
- Variétés dans :
  - L'intensité
  - La durée
  - Les formes d'entraînement (travail continu ou discontinu, les types d'entraînement,les lieux d'entraînement et les camarades d'entraînement)


1. analyse des exigences de l'activité
2. Principes de l'entraînement
structure de l'entraînement
Evaluation des aptitudes initiales et des effets de l'entraînement
Evaluation de la sensibilité à l'entraînement
individualisation de l'entraînement

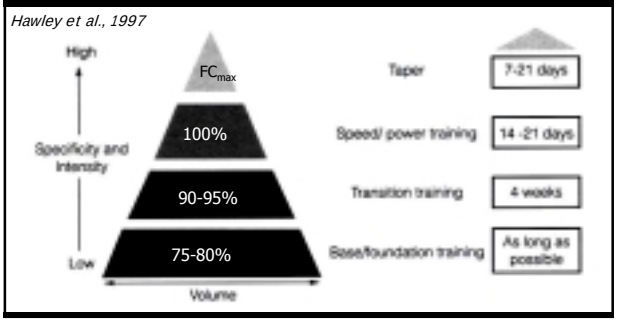
Structure de l'entraînement

- Microcycle : dynamique des charges de travail sur la semaine avec un objectif particulier (développement, choc, régénération, transition…)
- Mesocycle ou macrocycle : (1 mois)
- Périodes de :
  - préparation
  - précompétition
  - compétition

l'existence de ces périodes est liée au fait qu'un sportif ne peut garder une condition optimale pendant une saison complète. La performance passe obligatoirement par une phase d'amélioration, de stabilisation et puis de décroissance (Matveiev)

Une proposition de l'école sud-africaine

Hawley et al., 1997



Phase of training	Typical workout	Comments
Base training	Duration: 30 minutes to several hours Intensity: 70–75% of VO_{2max} 75–80% of maximal heart rate Frequency: 7–12 sessions per week	• Undertaken during non-competitive period for as long as possible (3–6 months) • High volume of training • Low to moderate intensity • Prolonged, continuous exercise
Transition training	Duration: 30–90 minutes Intensity: 85–92% of VO_{2max} 90–95% of maximal heart rate Frequency: 2–3 sessions per week	• Undertaken 6 weeks prior to competitive season for 3–4 weeks • Moderate volume of training • Maximum steady-state/race pace • Continuous or intermittent exercise
Speed training	Duration: 30–60 minutes Intensity: Maximal Frequency: 2–3 sessions per week	• Undertaken for 2–3 weeks after transition training prior to major competitions • Low volume of training • Faster than race pace Intermittent exercise with long recovery between work bouts

Hawley & Burke, 1998

Individualisation

1. analyse des exigences de l'activité
2. Principes de l'entraînement

⇒ structure de l'entraînement

Evaluation des aptitudes initiales et des effets de l'entraînement

Evaluation de la sensibilité à l'entraînement

individualisation de l'entraînement

Evaluation des aptitudes initiales

Performance = puissance métabolique / économie

= $(A/t + VO_{2max}\ f)$ / économie

(4) (1) (3) (2)

Vitesse maximale aérobie = VO_{2max} / économie

(1) (2)

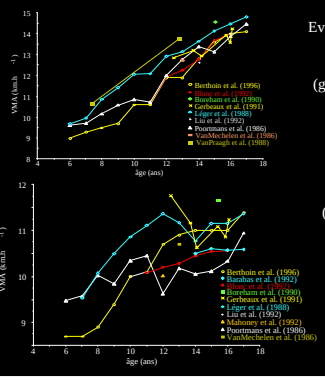
Test de course sur piste (Léger et Boucher, 1980)

$mlO_2/m/kg$

$V_{dernier\ pallier}$ = $(A/t + VO_{2max})$ / économie

?

Parce que $A/t < VO_{2max}$ → $V_{dernier\ pallier}$ = Vitesse maximale aérobie

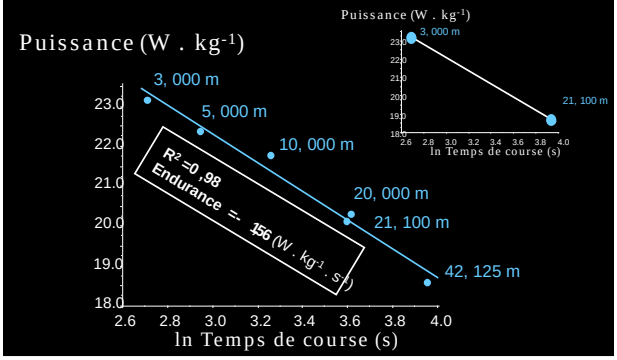


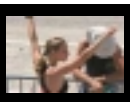
Evolution de VMA avec l 'âge

(garçons)

(filles)

Evaluation de l'endurance





Points de repère pour l'entraînement

1. Vitesse maximale aérobie ou FC correspondant à VO_{2max} :
   → 100% de VMA pour le développement de VO_{2max}
   → 120% de VMA pour le développement de la capacité anaérobie

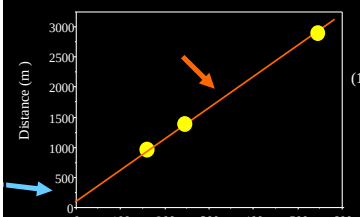
2. Vitesse cible pour le développement de l'endurance
   → vitesse critique

Concept de Vitesse critique

distance = 5,14.temps + 230

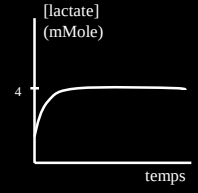
Performance sur 1000 m = 2 min 35
Performance sur 1500 m = 4 min
Performance sur 3000 m = 9 min

(1000, 155), (1500, 240) et (3000, 540)



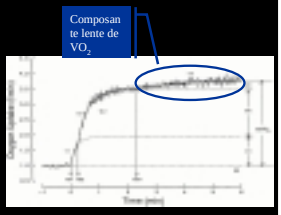
Berthoin

Vitesse critique ≈ seuil de stabilité de lactatémie



⇩

Vitesse critique ≈ seuil d'apparition de la fatigue musculaire



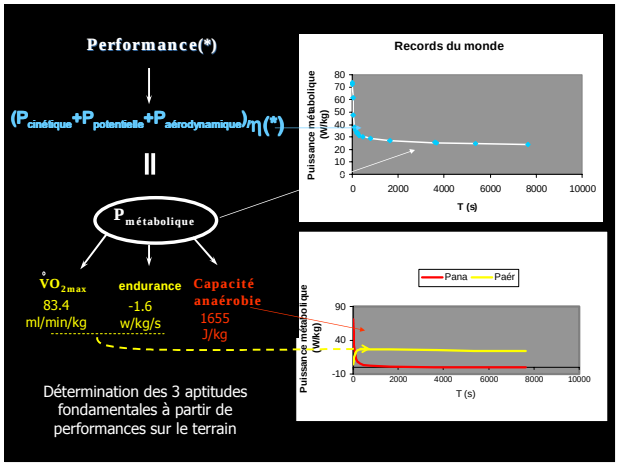
⇩

Vitesse critique = vitesse à laquelle un gros volume d'entraînement peut être réalisé sans fatigue excessive

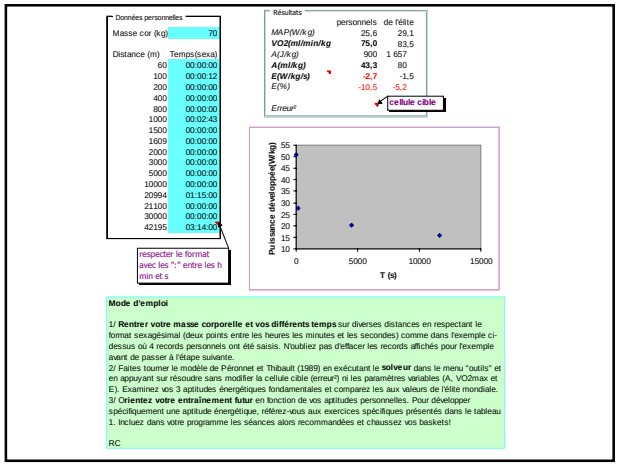
(Péronnet et Thibault, 1989)

Performances sur diverses distances

$\dot{V}O_{2\,max}$ — Capacité anaérobie — Index endurance



Détermination des 3 aptitudes fondamentales à partir de performances sur le terrain


Données personnelles
Masse cor (kg) 70
Distance (m) Temps(sexa)
Résultats
personnels de l'élite
MAP(W/kg) 25,6 29,1
VO2(ml/min/kg 75,0 83,5
A(J/kg) 900 1 657
A(ml/kg) 43,3 80
E(W/kg/s) -2,7 -1,5
E(%) -10,5 -5,2
Erreur²
cellule cible
respecter le format avec les ":" entre les h min et s
Puissance développée(W/kg)
T (s)
Mode d'emploi
1/ Rentrer votre masse corporelle et vos différents temps sur diverses distances en respectant le format sexagésimal (deux points entre les heures les minutes et les secondes) comme dans l'exemple ci-dessus où 4 records personnels ont été saisis. N'oubliez pas d'effacer les records affichés pour l'exemple avant de passer à l'étape suivante.
2/ Faites tourner le modèle de Péronnet et Thibault (1989) en exécutant le solveur dans le menu "outils" et en appuyant sur résoudre sans modifier la cellule cible (erreur²) ni les paramètres variables (A, VO2max et E). Examinez vos 3 aptitudes énergétiques fondamentales et comparez les aux valeurs de l'élite mondiale.
3/ Orientez votre entraînement futur en fonction de vos aptitudes personnelles. Pour développer spécifiquement une aptitude énergétique, référez-vous aux exercices spécifiques présentés dans le tableau 1. Incluez dans votre programme les séances alors recommandées et chaussez vos baskets!
RC

Sensibilité individuelle à l'entraînement

1. analyse des exigences de l'activité
2. Principes de l'entraînement

⇒ structure de l'entraînement

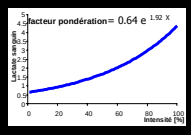
Evaluation des aptitudes initiales et des effets de l'entraînement

Evaluation de la sensibilité à l'entraînement

Individualisation de l'entraînement

Charge d'entraînement

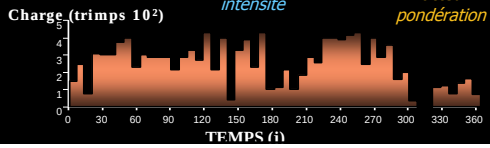
Charge = Durée · Intensité · Facteur pondération
(trimps) (min) (%max) (sans dimension)



Intensité = $(Fc_{exercice} - Fc_{repos})/(Fc_{max} - Fc_{repos})$

$$Charge = Durée \cdot \frac{Fc_{exercice} - Fc_{repos}}{Fc_{max} - Fc_{repos}} \cdot 0.64 \cdot e^{1.92 \cdot \frac{Fc_{exercice} - Fc_{repos}}{Fc_{max} - Fc_{repos}}}$$

intensité *Facteur pondération*



Pour les activités autres que l'endurance

1. Nbre répet au lieu de la durée et intensité exprimée en % du max
2. Coefficients différents pour chaque type d'entraînement

Ex: 50 squats à 90% RM x 1 + 20 lancers à 90% x 0,6 + 100 bondisset x 0,1
= (50 x 0,9 x 1) + (20 x 0,9 x 0,6) + (100 x 0,1)

⇒ Charge = = 66 unités d'entraînement

Exemple en endurance

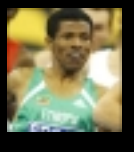
Exercice de 100 min à 150 battement/min pour un athlète ayant une fréquence cardiaque max de 200 et une fréquence de repos de 50

Durée = 100

Intensité = $(Fc_{exercice}-Fc_{repos})/(Fc_{max}- Fc_{repos})$ = (150 50)/(200 50)= 0.66

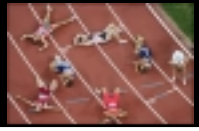
K = 0.64 e $^{1.92\ intensité}$ = 0.64 e $^{1.92x0.66}$ = 2.3

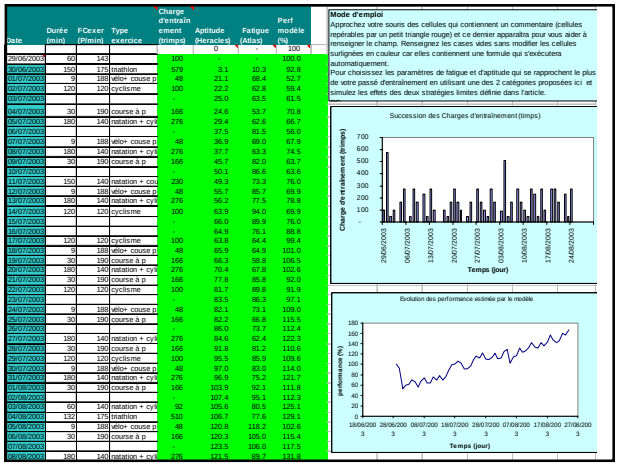
⇒ charge= 100 x 0.66 x 2.3 = 152 trimps



Concept de charge limite

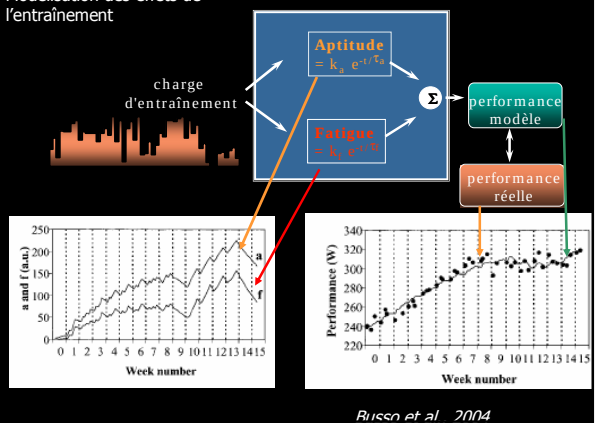
- 125 trimps quotidiennes pendant une semaine pour des coureurs à pied de 30 40 ans de niveau régional (Morton et Banister)
- Pour des athlètes d'endurance de l'élite → charge quotidienne de 250 trimps pendant un mois !
- Détermination individuelle de la charge limite → utilité du carnet d'entraînement





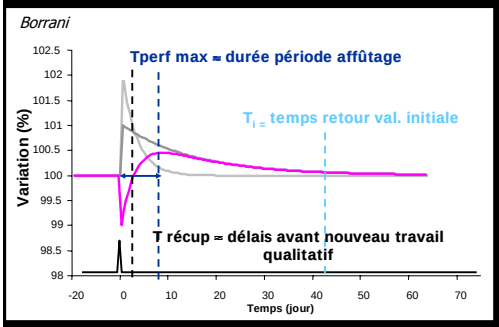
Modélisation des effets de l'entraînement

Sensibilité individuelle à l'entraînement



Busso et al., 2004

Sensibilité individuelle à l'entraînement


Borrani
Tperf max ≈ durée période affûtage
T_i = temps retour val. initiale
T récup ≈ délais avant nouveau travail qualitatif
Variation (%)
Temps (jour)

$$t_i = 4 \cdot \tau_a$$

$$t_{récup} = \frac{\tau_a \cdot \tau_f}{\tau_a - \tau_f} \ln\left(\frac{k_a}{k_f}\right) \qquad t_{perf\ max} = \frac{\tau_a \cdot \tau_f}{\tau_a - \tau_f} \ln\left(\frac{k_2 \cdot \tau_a}{k_a \cdot \tau_f}\right)$$

Affûtage

Sensibilité individuelle à l'entraînement

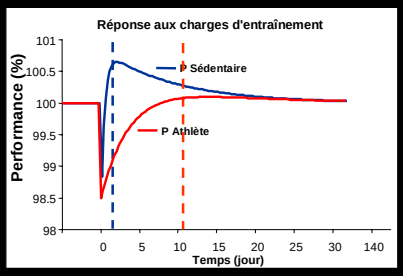
Affûtage = ↓ non-linéaire des charges afin ↑ la perf

Gain de perf de 2% en moyenne (6% à -1%) chez 100 nageurs qui préparaient les JO de 2000. Contre perf chez 10% d'entre eux (Mujika et al., 2002).

↓ Recommandation : ↓ des charges de 60 à 90% en réduisant la durée (ex : ↓ de 12km quotidien à 2 km)

Sensibilité individuelle à l'entraînement

Durée optimale affûtage



Les athlètes ont recourt à de lourdes charges d'entraînement

⇩

La période d'affûtage est d'autant plus longue que l'athlète est de niveau élevé

1 à 3 semaines chez les athlètes d'élite avec possibilité de la déterminer individuellement

Affûtage

Sensibilité individuelle à l'entraînement

Deux cas de figure limites :

1. ↓ drastique de l'entraînement →désentraînement
2. maintient d'un entraînement trop vigoureux → fatigue trop élevée et la performance n'atteint pas son niveau optimal le jour J mais plus tard

Déterminer 2 stratégies d'affûtage entre ces 2 bornes et ajustement sur la base du 'feeling' de l'athlète et de son entraîneur

Sensibilité individuelle à l'entraînement

Bilan des applications directes :

- Délais de récupératop, avant un nouveau travail spécifique de qualité ≈ 1-3 j
- Durée d'affûtage ≈ 1 à 3 semaine pour les athlètes d'élite et pas nécessaire pour le néophyte
- Durée maximale de repos avant la nouvelle saison <Temps de recouvrement de la perf initiale

détermination individuelle possible

Conclusion

L'entraînement continuera de fasciner sans doute en raison de la difficulté que l'on éprouve à le maîtriser et cela malgré les connaissances accumulées.

Perspectives

Individualisation de l'entraînement sur la base :

(i) d'une évaluation fiable des aptitudes de l'athlète

(ii) Une approche plus systématique de la réponse individuelle à l'entraînement